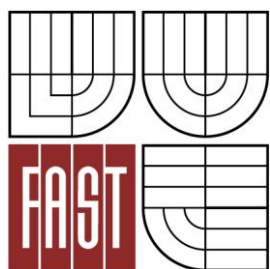




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

# PŘEPOČET A ALTERNATIVNÍ NÁVRH OCELOVÉ KONSTRUKCE ZIMNÍHO STADIONU VE ZNOJMĚ

STATIC VERIFICATION AND ALTERNATIVE DESIGN OF STEEL STRUCTURE OF WINTER SPORT  
STADIUM IN ZNOJMO

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. KATEŘINA STRNADLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

prof. Ing. MARCELA KARMAZÍNOVÁ, CSc.

BRNO 2016



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Kateřina Strnadlová
<b>Název</b>	Přepočet a alternativní návrh ocelové konstrukce zimního stadionu ve Znojmě
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2015
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	15. 1. 2016
V Brně dne 31. 3. 2015	

.....  
prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

1. Výkresová dokumentace stávající ocelové konstrukce stadionu
2. Evropské technické normy pro zatížení a navrhování ocelových konstrukcí
3. Literatura podle pokynů vedoucí diplomové práce

## **Zásady pro vypracování**

Vypracujte přepočet a variantní návrh stávající ocelové konstrukce zastřešení zimního stadionu ve Znojmě. Objekt má obdélníkový půdorys o celkových rozměrech vycházejících z velikosti ledové plochy 58 x 30 m. Minimální světlá výška uvnitř objektu je dána požadavky provozovaného sportu, tj. převážně ledního hokeje.

Stávající statické řešení je založeno na dvou hlavních obloukových nosnících, které nesou střešní konstrukci tvořenou příhradovými vazníky s parabolickým spodním pásem, přímopásovými vaznicemi a ztužidly.

Statický přepočet vypracujte s ohledem na aktuálně platné evropské normativní dokumenty. V rámci řešení vypracujte technickou zprávu, statický výpočet, varianty řešení a výkresovou dokumentaci v rozsahu podle pokynů vedoucí diplomové práce.

## **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí diplomové práce

## **Abstrakt**

Předmětem diplomové práce je přepočítání a alternativní návrh konstrukce zastřešení zimního stadionu ve Znojmo. Objekt má obdélníkový půdorys o rozměrech 84 x 63 m. Stávající střešní konstrukce je tvořena příhradovými vaznicemi a girlandovými vazníky, které jsou vynášeny dvojicí ocelových oblouků o rozpětí 84 m. Nový návrh je zpracován ve dvou variantách. První varianta je konstrukce s trojbokými obloukovými příhradovými vaznicemi a příhradovými vaznicemi. Druhá varianta je ocelová lamelová klenba tvořená vierendeelovými nosníky. Po zhodnocení variant byla k detailnímu řešení vybrána první varianta.

## **Klíčová slova**

Zastřešení stadionu, přepočítání, ocel, oblouk, girlandový vazník, trojboký obloukový příhradový vazník, kulový styčník, lamelová klenba, vierendeelův nosník

## **Abstract**

The subject of this thesis is the recalculation and alternative construction design of roofing winter stadium in Znojmo. The building has a rectangular plan with dimensions of 84 x 63 m. The existing roof structure consists of truss purlins and main truss with parabolic chord, which are carried out by a pair of steel arch with a span of 84 m. The new design is processed in two options. The first option is the structure formed by triangular arch truss girder with truss purlins. The second option is a steel lamellar vault formed by vierendeel beams. After evaluating the design options was for a detailed solution chosen the first option.

## **Keywords**

Roofing of the stadium, recalculation, steel, arch, main truss with parabolic chord, triangular arch truss girder, ball node, lamellar vault, vierendeel beam

...

### **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Kateřina Strnadlová *Přepočet a alternativní návrh ocelové konstrukce zimního stadionu ve Znojmě*. Brno, 2016. 16 s., 515 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 7.1.2016

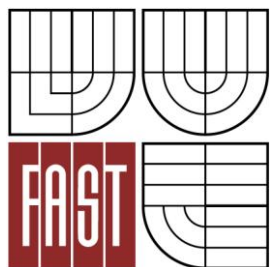
.....  
podpis autora  
Bc. Kateřina Strnadlová

**Poděkování:**

Děkuji paní profesorce Ing. Marcele Karmazínové, CSc. za odborné vedení diplomové práce. Dále děkuji za cenné rady a připomínky, které mi poskytla v průběhu zpracovávání práce.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU A VARIANT ŘEŠENÍ EVALUATION OF THE CURRENT STATE AND VARIANT SOLUTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. KATEŘINA STRNADLOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

prof. Ing. MARCELA KARMAZÍNOVÁ, CSc.

BRNO 2016



## Obsah

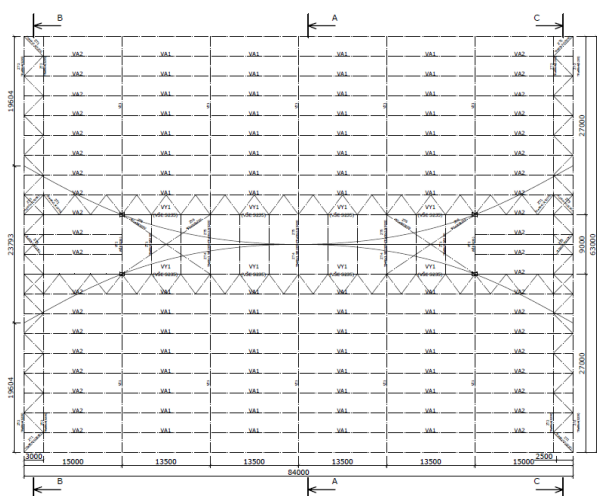
1. ÚVOD .....	10
2. VARIANTY ŘEŠENÍ.....	11
2.1. STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE .....	11
2.2. VARIANTA A - TROJBOKÉ PŘÍHRADOVÉ OBLOUKOVÉ VAZNÍKY .....	12
2.3. VARIANTA B - OCELOVÁ LAMELOVÁ KLENBA.....	13
3. ZHODNOCENÍ VARIANT - SHRNU TÍ.....	14
4. ZÁVĚR .....	14
LITERATURA .....	15
SEZNAM PŘÍLOH.....	16

## 1. ÚVOD

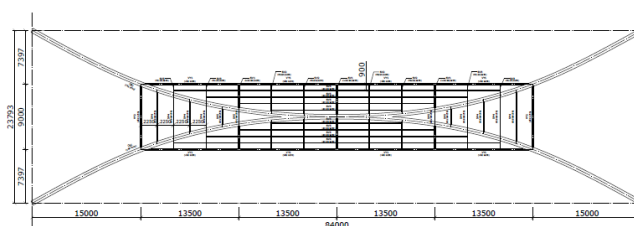
Vypracujte přepoččet a variantní návrh stávající ocelové konstrukce zastřešení zimního stadionu ve Znojmě. Objekt má obdélníkový půdorys o celkových rozměrech přizpůsobených velikosti ledové plochy 58 x 30 m, minimální světlá výška uvnitř objektu je dána požadavky provozovaných sportů.

Jako podklad pro vytvoření modelu stávající konstrukce použijte výkresovou dokumentaci stavby. Jedná se o tyto výkresy: Půdorys střechy; Půdorys oblouku, boční pohled; Řez A-A; Řez B-B, Řez C-C; Průřezy; (výkresy P1 až P5 z [7]).

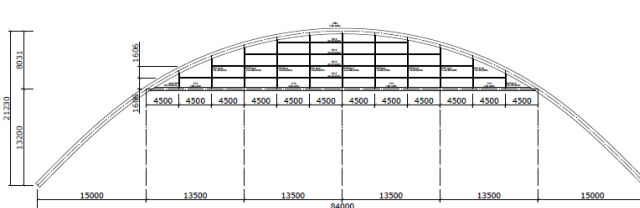
PŮDORYS STŘECHY 1:300



PŮDORYS OBLUKU 1:300



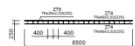
PŮDORYS OBLUKU 1:300



ŘEZ A-A 1:200



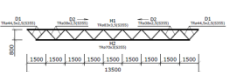
ZTUŽIDLO ZT4+5 1:100



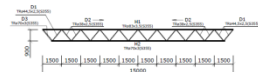
SLOUP SLI+2 1:100



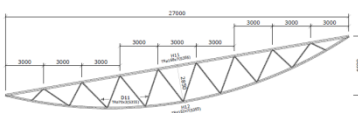
VAZNICE VA1 1:100



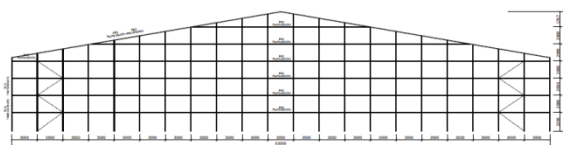
VAZNICE VA2 1:100



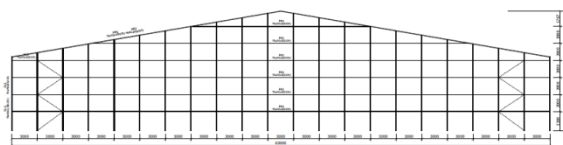
VAZNÍK VZ1 1:100



ŘEZ B-B 1:200



ŘEZ C-C 1:200

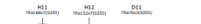


PRŮŘEZY 1:10

VAZNICE "VA1" A "VA2"



VAZNÍK "VZ1"



ZTUŽENÍ



SLOUPY



PAŽDÍKY



SVĚTLÍK



VÝHĚNY STŘECHY



OBLUKY



## 2. VARIANTY ŘEŠENÍ

### 2.1. STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE

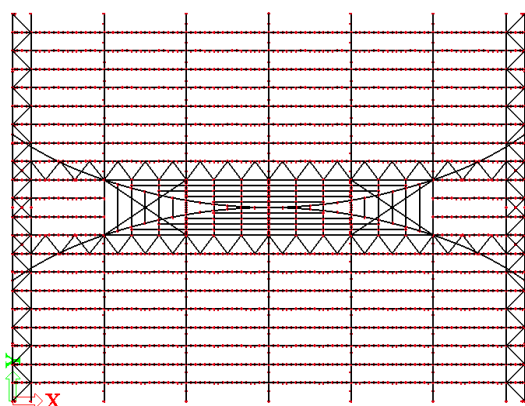
Hlavním nosným prvkem stávající konstrukce jsou dva ocelové oblouky o rozpětí 84 m, které v příčném směru pomocí výměn vynášejí girlandové vazníky, na kterých jsou uloženy příhradové vaznice.

Vazníky o rozpětí 27 m jsou na jednom konci kloubově připojeny na výměny a na druhém konci jsou uloženy na pevné kloubové vazby, které nahrazují nosné betonové zdi.

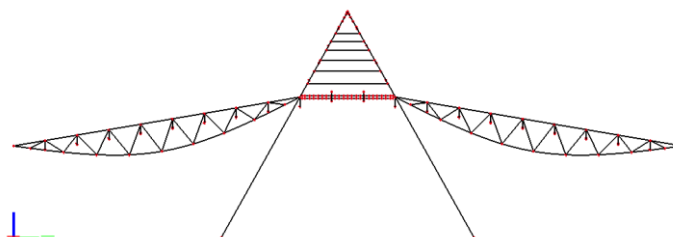
Mezilehlé vaznice délky 13,5 m jsou kloubově neseny vazníky a krajní vaznice délky 15 m jsou na jednom konci uloženy na vazník a na druhém konci je podporují ocelové sloupky.

Celková výška objektu je 21,23 m a celková hmotnost ocelové konstrukce je 122,29 t. Na nosnou konstrukci je použita ocel S 235 a S 355 na celkem 24 různých průřezích. Model konstrukce byl vytvořen a posuzován ve výpočetním programu Scia Engineer 14.

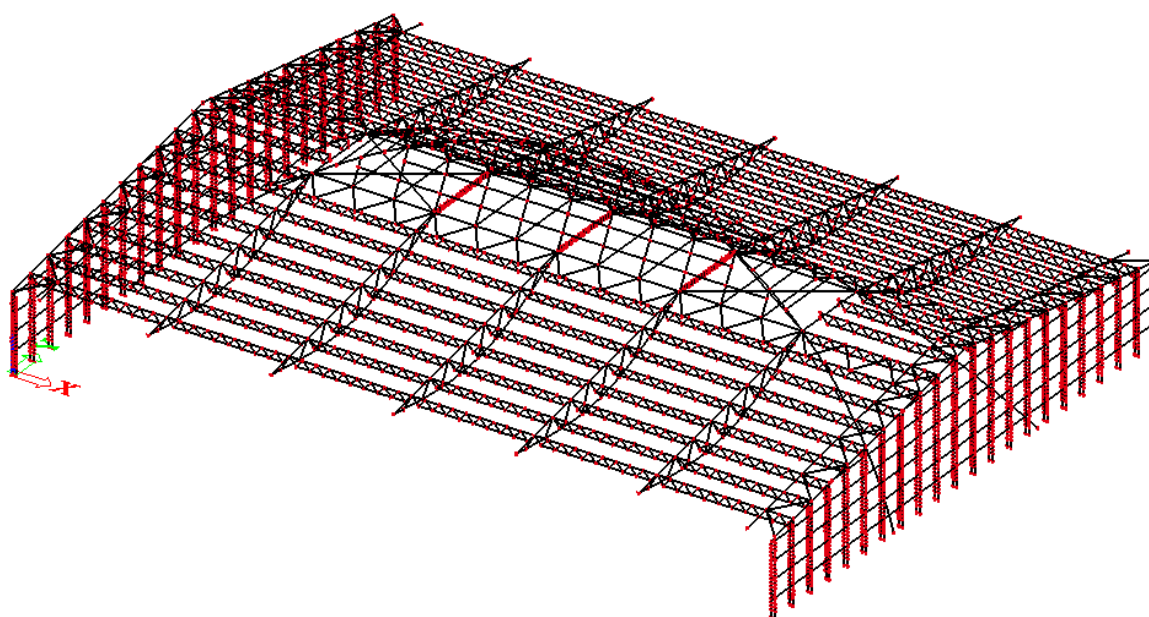
Obr. 2.1.1: Půdorys konstrukce



Obr. 2.1.2: Příčný řez



Obr. 2.1.3: Axonometrický pohled



## 2.2. VARIANTA A - TROJBOKÉ PŘÍHRADOVÉ OBLOUKOVÉ VAZNÍKY

Prvním variantním řešením pro návrh nové ocelové konstrukce zastřešení byly zvoleny trojboké příhradové obloukové vazníky. Vazníky mají rozpětí 63 m, vzepětí 5,086 m a jejich výška i šířka je 4 m. Vzepětí vazníku bylo voleno tak, aby byla dodržena světlá výška původní konstrukce. Osová vzdálenost nosníků je v krajním poli 15 m a ve vnitřních polích 13,5 m. Podepření vazníků je řešeno pevnými kloubovými podporami na původních betonových zdech.

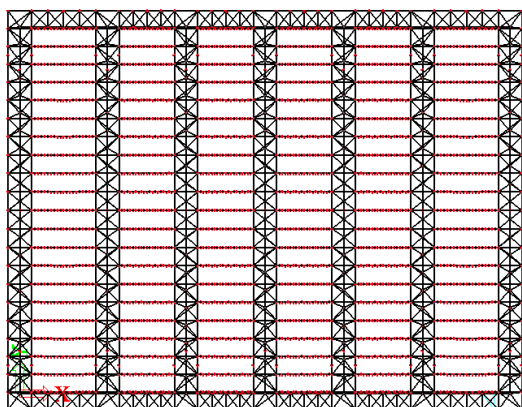
Obloukové vazníky vynášejí kloubově uložené příhradové vaznice o délkách 11 a 9,5 m.

Trojboké vazníky zajišťují dostatečnou tuhost systému, proto byly dále navrženy pouze okapová a krajní ztužidla, která zajišťují jejich prostorovou polohu.

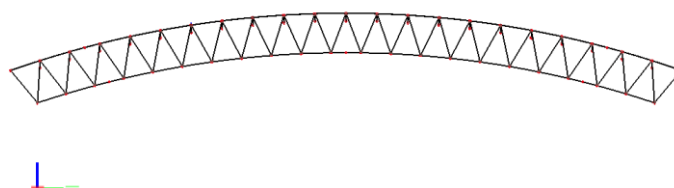
Styčníky vazníku jsou provedeny pomocí styčnickových koulí, které usnadňují řešení složitých spojů. Dílenské styky vaznic a krajních ztužidel jsou provedeny svary. Okapové ztužidlo je připojováno pomocí šroubových spojů.

Celková výška objektu je oproti původní výšce snížena na 17,686 m což odpovídá snížení o cca 3,5 m a celková hmotnost ocelové konstrukce je 157,13 t to odpovídá navýšení hmotnosti o cca 35 t. Nosná konstrukce je navržena z oceli S 355 a je použito celkem 12 různých profilů.

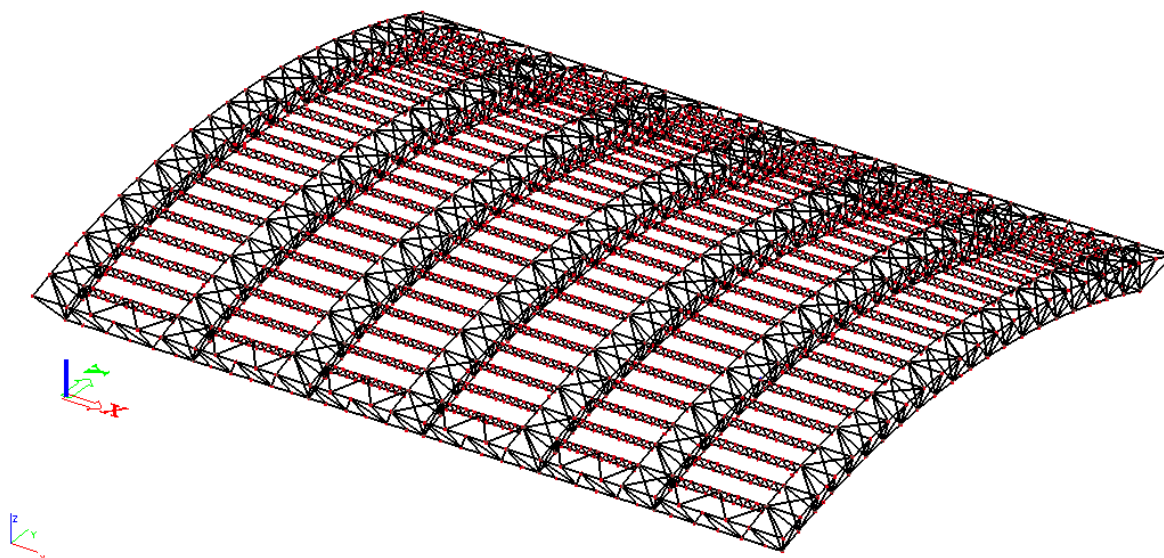
Obr. 2.2.1: Půdorys konstrukce



Obr. 2.2.2: Příčný řez



Obr. 2.2.3: Axonometrický pohled



## 2.3. VARIANTA B - OCELOVÁ LAMELOVÁ KLENBA

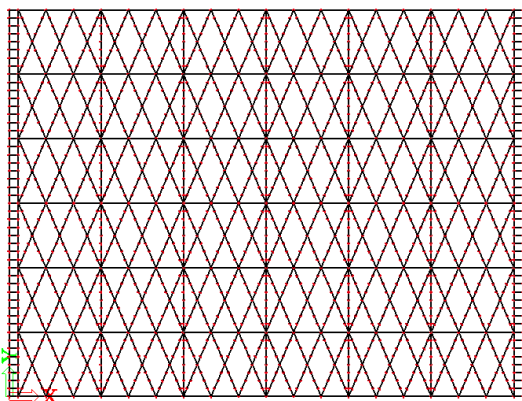
Další varianta návrhu nové konstrukce vychází z klasických dřevěných válcových lamelových kleneb, ovšem místo lepených dřevěných lamel je použit ocelový vierendeelův nosník vytvořený z trubek. Tento nosník je tvořen horním a dolním pásem, které jsou propojeny pomocí svislic. Jednotlivé lamely mají rozpětí 68,542 m, vzepětí 5,086 m, výšku 1,5 m, jejich podélná vzdálenost je 4,5 m a úhel křížení lamel je  $46,40^\circ$ . Podepření lamel je řešeno pevnými kloubovými vazbami na původních zdech.

Dále je konstrukce ztužena portálovým čtyřbokým obloukovým nosníkem o rozpětí 63m, který zachycuje vodorovné síly od lamel. Pro potřeby ztužení a snížení velikosti profilů byly přidány příčné a podélné nosníky. Příčné nosníky jsou rovinné příhradové oblouky a podélné nosníky jsou tvořeny prostými pruty, které přenášejí osové síly.

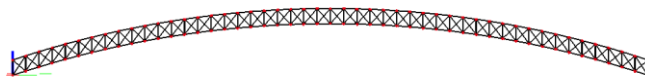
Předpokládá se provedení styčníků pomocí šroubovaných spojů, přičemž je vždy jedna lamela průběžná.

Celková výška objektu je oproti původní výšce snížena o cca 6 m a celková hmotnost konstrukce je 448,68 t, což odpovídá navýšení o cca 326 t vzhledem k stávajícímu stavu. Nosná konstrukce je navržena z oceli S 355 a je použito celkem 20 různých profilů.

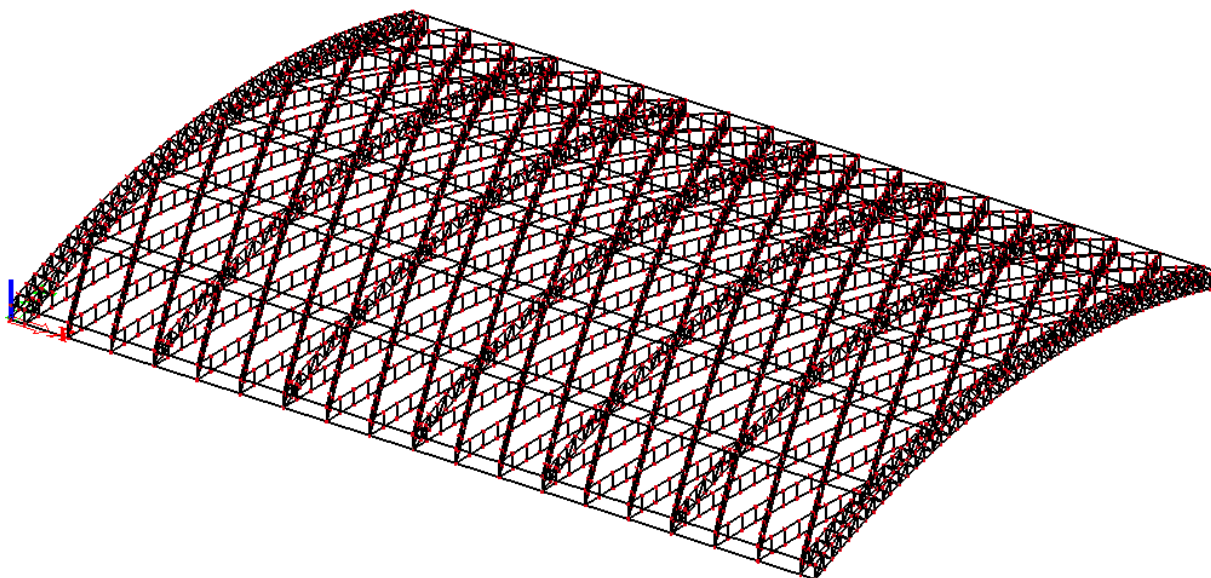
Obr. 2.3.1: Půdorys konstrukce



Obr. 2.3.2: Příčný řez



Obr. 2.3.3: Axonometrický pohled





### 3. ZHODNOCENÍ VARIANT - SHRUTÍ

Zhodnocení variant je provedeno na základě výpočtu v programu Scia Engineer a porovnání následujících kritérií: hmotnost, počet typů profilů, velikost vodorovných reakcí. A dále je zde uvedeno i hodnocení stávajícího stavu, který dle přepočtu podle ČSN EN 1993-1-1 nevyhoví.

#### STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE:

Výhody: hmotnost (122,29 t), velikost vodorovných reakcí (vzhledem ke statickému systému nevznikají téměř žádné reakce na betonové stěny.)

Nevýhody: počet typů profilů (24)

#### VARIANTA A:

Výhody: hmotnost (157,13 t), počet typů profilů (12)

Nevýhody: velikost vodorovných reakcí (vzhledem k tuhým vazbám vznikají poměrně velké vodorovné síly)

#### VARIANTA B:

Výhody: velikost vodorovných reakcí (menší vzdálenost tuhých vazeb = menší vodorovné reakce)

Nevýhody: hmotnost (448,68 t), počet typů profilů (20)

### 4. ZÁVĚR

Vzhledem ke skutečnosti nevyhovujících posudků pro stávající stav, byla zjištěna potřeba návrhu nové konstrukce. Dle posuzovaných kritérií se jako lepší řešení jeví varianta A, která byla vybrána k detailnímu posouzení. Její nevýhodou je hlavně velikost vodorovných reakcí. Předpokládá se však, že stávající betonové stěny toto zatížení přenesou, a proto nebudou třeba žádná další opatření, která by navýšila cenu stavby.

Hlavní nevýhodou varianty B je její hmotnost, která souvisí s cenou celé konstrukce. Vysoká hmotnost je způsobena pouze částečným využitím profilů. Profily lamel vychází z vzpěrné únosnosti, která je z důvodu složitosti působení stanovena pomocí programu. Profily svislic vychází z profilů lamel, pro zajištění vierendeelova působení. Výpis výpočtu z programu je samostatnou přílohou této práce.

V Brně dne 15.1.2016

Bc. Kateřina Strnadlová

## LITERATURA

- [1] ČSN EN 1990 ed. 2 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, ČNI Praha, 2011.
- [2] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem, ČNI Praha, 2013.
- [3] ČSN EN 1991-1-4 ed. 2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, ČNI Praha, 2013.
- [4] ČSN EN 1993-1-1 ed. 2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, ČNI Praha, 2011.
- [5] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků, ČNI Praha, 2008.
- [6] ČSN EN 1993-2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty, ČNI Praha, 2008.
- [7] Bc. Jindřich Kovář *Přepočet a variantní návrh zastřešení zimního stadiónu ve Znojmě*. Brno, 2014. 121 s., 7 příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
- [8] [https://www.dek.cz/produkty/docs/dekroof/dekroof\\_13\\_a.pdf](https://www.dek.cz/produkty/docs/dekroof/dekroof_13_a.pdf)
- [9] <https://www.dek.cz/produkty/detail/1010501138-daco-ksd-r-parotesny-role-43-2m2>
- [10] <http://www.isover.cz/data/files/isover-t-94-cz.pdf>
- [11] <http://www.isover.cz/data/files/tl-isover-s-88-cz.pdf>
- [12] <http://www.klempir-pokryvac.eu/Data/TinyMCE/technicke%20listy/DEKPLAN%20tech%20list%202014.pdf>
- [13] <http://www.trapezove-plechy.cz/images/plechy/taborsky/technickeListy/TR-150-280.pdf>
- [14] <http://ocel.wz.cz/>
- [15] <http://citankaok.wz.cz/>
- [16]

## SEZNAM PŘÍLOH

- A. Statický výpočet - Stávající konstrukce
- B. Technická zpráva
- C. Statický výpočet - Varianta A
- D. Výpis z programu Scia Engineer - Varianta B
- E. Výkresová dokumentace
  - E.1. DISPOZICE STŘEŠNÍ KONSTRUKCE
  - E.2. VÝROBNÍ VÝKRES - VAZNÍK V 1
  - E.3. DETAILY - VAZNÍK V 1
  - E.4. VÝROBNÍ VÝKRES - VAZNICE L 1